

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 43 268.6

Anmeldetag: 18. September 2002

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Regeln der Aufladung einer Brennkraftmaschine

IPC: F 02 D 23/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. Februar 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Waasmaier

31.07.02 St/St

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zum Regeln der Aufladung einer Brennkraftmaschine

Stand der Technik

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln der Aufladung einer Brennkraftmaschine, wobei aus der Regelabweichung zwischen einem Sollwert einer Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine und einem Istwert dieser Betriebskenngröße eine Stellgröße erzeugt wird, die mindestens einen von einem Integralregler gelieferten Anteil aufweist, und für den Integral-Anteil ein Grenzwert vorgegeben wird, der aus mehreren Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine ermittelt wird.

20

Ein derartiges Verfahren ist aus der DE 197 12 861 A1 bekannt. Dort wird ein Verfahren zum Regeln der Aufladung einer Brennkraftmaschine vorgeschlagen, wobei aus der Regelabweichung zwischen einem Soll-Ladedruck und dem Ist-Ladedruck eine Stellgröße erzeugt wird, die mindestens einem von einem Integralregler gelieferten Anteil aufweist, und für den Integral-Anteil ein Grenzwert vorgegeben wird, der aus einem von mehreren Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine abhängigen Grundwert und einem diesem überlagerten Korrekturwert ermittelt wird. Weiterhin wird der Korrekturwert adaptiv in Abhängigkeit von der Drehzahl bestimmt, wobei mehrere Drehzahlbereiche vorgegeben sind. Der adaptierte Korrekturwert wird schrittweise verringert, wenn die Regelabweichung kleiner als eine Schwelle ist und der Integral-Anteil kleiner als der aktuelle Grenzwert ist. Der adaptierte Korrekturwert wird schrittweise vergrößert, wenn die Regelabweichung größer Null ist und der Integral-Anteil gleich oder größer als der aktuelle Grenzwert ist.

30

35

Die Stellgröße für den Lader setzt sich zusammen aus einem Proportional-, einem Differential-, und einem Integral-Anteil. Der Integral-Anteil wird sowohl im stationären als

auch im dynamischen Betrieb der Brennkraftmaschine begrenzt. Der Grenzwert des Integral-Anteils im dynamischen Betrieb besteht aus einem Grundwert, der in Abhängigkeit von Betriebskenngrößen aus Kennlinien entnommen wird und einem dem Grundwert überlagerten Korrekturwert. Der Korrekturwert wird in Abhängigkeit von der Ladelufttemperatur, dem Umgebungsdruck und der Drehzahl der Brennkraftmaschine adaptiert.

Aus der DE 198 12 843 A1 ist ein Verfahren zur Ladedruckregelung einer Brennkraftmaschine bekannt, wobei aus der Regelabweichung zwischen einem Soll-Ladedruck und Ist-Ladedruck eine Stellgröße für ein Stellglied erzeugt wird, das auf den über die Turbine eines Abgasturboladers geführten Abgasstrom einwirkt. Die Stellgröße oder eine oder mehrere die Stellgröße bildende andere Größe(n) in einem Kennfeld wird (werden) auf solche Werte transformiert, daß nach der Transformation zwischen der Stellgröße und der Regelgröße - dem Ladedruck - ein zumindest annähernd linearer Zusammenhang besteht.

Die sich ergebende Charakteristik der Ladedruckregelstrecke kann mit einer Gerade und einem Offset in Form des sogenannten Grundladedruckes beschrieben werden. Dieser Grundladedruck ist eine ungewollte (negative) Eigenschaft des beispielsweise bei Benzinmotoren üblichen Waste Gate Stellers infolge der Versorgung mit Überdruck aus dem Ladedruck. Der Grundladedruck ist für beliebige Brennkraftmaschinen, also beispielsweise für Otto- und Dieselmotoren, die unterste Stellgrenze (0% Tastverhältnis) der Ladedruckregelung und wird innerhalb der Motorsteuerung modelliert.

Bisher werden die Adaptionswerte für den Grenzwert in Form eines Offsetwertes auf Tastverhältnisebene gebildet. Dieser Adaptionsoffset wird in über der Motordrehzahl adressierbar abgelegten Zellen abgespeichert.

Die Begrenzung des Integral-Anteils hat u.a. die Aufgabe reglerbedingte Überschwinger im Ladedruck zu vermeiden. Dazu wird abhängig vom relativen Solladedruck, der gleich dem absoluten Ladedruck minus dem Grundladedruck ist, und der Motordrehzahl ein applizierter Stellgrößenbedarf ermittelt. Dieser Tastverhältniswert wird neben der erwähnten adaptiven Korrektur auch mit Ladelufttemperatur und Warmlaufeingriffen korrigiert.

Problematisch bei dieser Strategie ist, dass bei Ladedrucksollwerten unterhalb des Grundladedruckes konstant der o.g. Adaptionsoffset ausgegeben wird, was bei stark po-

sitiven Adaptionswerten zu einer zu hoch liegenden Begrenzung des Integral-Anteils mit entsprechenden Überschwingern im Ladedruck führen kann.

Vorteile der Erfindung

5

10

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass der Grenzwert adaptiert wird, indem eine erste der zur Ermittlung des Grenzwertes verwendeten Betriebskenngrößen adaptiv in Abhängigkeit von einer zweiten Betriebskenngröße bestimmt wird. Auf diese Weise wird die Adaption des Grenzwertes von der Ebene der Stellgröße, beispielsweise des Tastverhältnisses, auf die Ebene der ersten Betriebskenngröße, beispielsweise einer Regelgröße, die zur Ermittlung des Grenzwertes verwendet wird, verlagert. Somit kann der Adaptionsoffset des Grenzwertes entfallen. Somit lassen sich die genannten Überschwinger vermeiden.

15

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich.

20

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die erste Betriebskenngröße aus einem von wenigstens einer dritten Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine abhängigen Grundwert und einem diesem überlagerten Korrekturwert ermittelt wird, wobei der Korrekturwert adaptiv in Abhängigkeit der zweiten Betriebskenngröße bestimmt wird. Auf diese Weise lässt sich die Adaption des Grenzwertes besonders einfach und wenig aufwändig realisieren und auf die Adaption des Korrekturwertes beschränken.

25

30

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der adaptierte Korrekturwert schrittweise verringert wird, wenn die Regelabweichung kleiner als eine Schwelle ist und der Integral-Anteil kleiner als der aktuelle Grenzwert ist, und dass der adaptierte Korrekturwert schrittweise vergrößert wird, wenn die Regelabweichung größer Null ist und der Integral-Anteil gleich oder größer als der aktuelle Grenzwert ist. Mit einem so gebildeten Korrekturwert für den Grenzwert des Integral-Anteils können starke Überschwinger bei der Ladedruckregelung vermieden und trotzdem ein schnelles Einschwingverhalten des Reglers erreicht werden. Vor allem bei sehr leistungsstarken Fahrzeugen, die oft im dynamischen Betrieb gefahren werden, bewirkt das erfindungsgemäße Verfahren wegen seiner guten Adaptionsfähigkeit des Grenzwertes für den Integral-Anteil der Stellgröße,

ein ausgezeichnetes Regelverhalten der Ladedruck-Regelung. Mit dem Verfahren der Erfindung werden Toleranzen im Regelkreis zuverlässig beherrscht.

5 Vorteilhaft ist es weiterhin, wenn der Grundwert des Grenzwertes in Abhängigkeit der zweiten Betriebskenngröße und einer die aktuellen Umgebungsbedingungen charakterisierenden Größe aus Kennfeldern hergeleitet wird.

10 Erfahrungen zeigen, dass Tastverhältnisabweichungen im Ladebereich im wesentlichen auf Änderungen des Grundladedruckes zurückzuführen sind. Diese Änderungen können je nach Motordrehzahl deutlich unterschiedlich ausfallen, so daß hier eine drehzahlabhängige Adaption sinnvoll erscheint.

Zeichnung

15 Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels wird nachfolgend die Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Blockschaltbild eines Motors mit einer Ladedruckregelung,

20 Figur 2 ein Funktionsdiagramm eines Ladedruck-Reglers,

Figur 3 ein Funktionsdiagramm zur Ermittlung von Regelparametern,

25 Figur 4 ein Funktionsdiagramm zur Ermittlung eines Grenzwertes für einen Integral-Anteil einer Ladedruck-Stellgröße und

Figur 5 ein Funktionsdiagramm zur Ermittlung eines Korrekturwertes für eine erste Betriebskenngröße,

30 Figur 6 ein Funktionsdiagramm zur drehzahlabhängigen Adaption des Korrekturwertes,

Figur 7 eine Regelkennlinie und

Figur 8 einen Verlauf eines Integral-Anteils über einem relativen Soll-Ladedruck.

35

Beschreibung eines Ausführungsbeispiels

Die Figur 1 zeigt eine Brennkraftmaschine 10 mit einem Saugrohr 12 und einem Abgaskanal 13. Im Saugrohr 12 befinden sich eine Drosselklappe 14 und ein Sensor 15 zur Erfassung des Öffnungswinkels α der Drosselklappe 14. Außerdem ist im Saugrohr 12 abstromseitig der Drosselklappe 14 ein Drucksensor 16 zur Erfassung des Ist-Ladedrucks p_{vdk} angeordnet. An der Brennkraftmaschine 10 ist ein Drehzahlsensor 17 zur Erfassung der Motordrehzahl n_{mot} angebracht. Die Brennkraftmaschine 10 ist mit einem Turbolader ausgestattet, wobei eine Abgasturbine 18 im Abgaskanal 13 und ein Verdichter 19 im Saugrohr 12 angeordnet sind. Der Verdichter 19 wird über eine Welle 11 (durch eine strichlierte Linie angedeutet) von der Abgasturbine 18 angetrieben. Die Abgasturbine 18 ist in bekannter Weise von einer Bypass-Leitung 20 überbrückt, in der ein Bypass-Ventil 21 angeordnet ist. Das Bypass-Ventil 21 wird in bekannter Weise über eine federbelastete Druckdose in Verbindung mit einem elektropneumatischen Taktventil angesteuert. Die federbelastete Druckdose mit dem elektropneumatischen Taktventil ist in der Figur 1 durch den Block 22 symbolisiert.

Ein weiter unten noch näher beschriebener Regler 23, der als Eingangssignale den Drosselklappenöffnungswinkel α , den gemessenen Ist-Ladedruck p_{vdk} und die Motordrehzahl n_{mot} erhält, erzeugt eine Stellgröße ld_{tv} für das Bypass-Ventil 21. Genauer gesagt steuert die Stellgröße ld_{tv} als pulsbreitenmoduliertes Signal das elektropneumatische Taktventil, das seinerseits den Druck für die federbelastete Druckdose erzeugt, welche wiederum auf das Bypass-Ventil einwirkt. Der Abgasstrom über die Turbine 18 kann auch durch Verändern der Turbinengeometrie gesteuert werden.

Nachfolgend wird anhand der Figuren 2 bis 6 ein Beispiel für einen Regler 23 beschrieben. Es handelt sich dabei um einen PID-Regler. Es kann aber auch jeder andere Reglertyp verwendet werden.

Wie dem Funktionsdiagramm in Figur 2 zu entnehmen ist, wird aus einem Kennfeld $KFLDPS$ in Abhängigkeit von der Motordrehzahl n_{mot} und der Drosselklappenstellung α ein Soll-Ladedruck p_{soll} herausgelesen. Außerdem wird mit einem Drucksensor vor der Drosselklappe der Ist-Ladedruck p_{vdk} gemessen. In einem Verknüpfungspunkt $V1$ wird die Differenz zwischen dem Soll-Ladedruck p_{soll} und dem Ist-Ladedruck p_{vdk} bestimmt. Diese Differenz wird als Regelabweichung lde bezeichnet. Liegt die Bedingung

B_ldr für eine Aktivierung der Ladedruckregelung vor, so wird ein Schalter S1 an den Ausgang des Verknüpfungspunktes V1 gelegt, so daß am Ausgang des Schalters S1 als Regelabweichung lde die genannte Differenz zwischen dem Soll-Ladedruck plsoll und dem Ist-Ladedruck pvdK anliegt. Ist die Ladedruckregelung nicht aktiv, die Bedingung B_ldr also nicht gegeben, liegt der Schalter S1 auf 0.0. Die Regelabweichung lde ist in diesem Fall also Null.

Ein Schwellenwertentscheider SE1 legt an den S-Eingang eines RS-Flip-Flops FF eine logische 1, wenn die Regelabweichung lde eine Schwelle UMDYLDR übersteigt. Der R-Eingang des RS-Flip-Flops FF ist mit dem Ausgang eines Komparators K1 verbunden. Dieser Komparator K1 gibt eine logische 1 ab, wenn die Regelabweichung lde kleiner oder gleich 0.0 ist. Unter den genannten Bedingungen liegt am Ausgang Q des RS-Flip-Flops FF eine logische 1 an, wenn die Regelabweichung lde die Schwelle UMDYLDR übersteigt, das heißt ein Übergang vom stationären in den dynamischen Betrieb erfolgt. Falls am R-Eingang des RS-Flip-Flops FF eine logische 1 anliegt, das heißt die Regelabweichung lde kleiner 0 ist (der Ist-Ladedruck ist größer als der Soll-Ladedruck), so wird das Flip-Flopp FF zurückgesetzt und an seinem Ausgang Q liegt eine logische 0 an. Das Ausgangssignal B_lddy am Q-Ausgang des Flip-Flops FF gibt an, ob dynamischer Betrieb (logische 1) oder stationärer Betrieb (logisch 0) gegeben ist.

Im Funktionsblock R1 werden in Abhängigkeit von der Betriebsbedingung B_lddy und der Motordrehzahl nmot ein Proportional- ldrkp, ein Differential- ldrkd und ein Integral-Regelparameter ldrki ermittelt. Die Bestimmung der Reglerparameter ldrkp, ldrkd, ldrki im Funktionsblock R1 wird weiter unten anhand von Figur 3 noch beschrieben.

Durch Produktbildung des Proportional-Reglerparameters ldrkp mit der Regelabweichung lde im Multiplizierer V2 entsteht ein Proportional-Anteil ldptv für die Stellgröße ldv des Turboladers.

Ein Differential-Anteil ldrdtv zur Stellgröße ldv resultiert aus der Produktbildung im Multiplizierer V3 zwischen dem Differential-Regelparameter ldrkd und der Ablage zwischen der aktuellen Regelabweichung lde und der einen Zeittakt (ca. 50 ms) zuvor ermittelten Regelabweichung lde(i-1). Die Differenz zwischen der aktuellen Regelabweichung lde und der zuvor bestimmten Regelabweichung lde(i-1) wird im Verknüpfungs-

punkt V4 gebildet. Ein Verzögerungsglied VZ1 liefert die um einen Zeittakt verzögerte Regelabweichung $lde(i-1)$.

Der Integral-Anteil $lditv$ zur Stellgröße $ldtv$ wird von einem Integrator INT gebildet, welcher das Produkt aus dem Integral-Regelparameter $ldrki$ und der verzögerten Regelabweichung $lde(i-1)$ berechnet und dieses Produkt dem im vorhergehenden Zeittakt bestimmten Integral-Anteil $lditv(i-1)$ überlagert.

Im Verknüpfungspunkt V5 werden schließlich der Proportional-Anteil $ldptv$, der Differential-Anteil $ldrdtv$ und der Integral-Anteil $lditv$ addiert, woraus die Stellgröße $ldtv$ für ein Bypass-Ventil des Turboladers resultiert.

Der Integral-Anteil $lditv$ wird nach oben hin begrenzt, um Überschwinger bei der Regelung des Ladedrucks zu vermeiden. Der Grenzwert $ldimx$ für den Integral-Anteil $lditv$ wird in einem Schaltblock R2, der weiter unten anhand von Figur 4 beschrieben wird, ermittelt und zwar in Abhängigkeit von der Regelabweichung lde , dem Integral-Anteil $lditv$, dem Soll-Ladedruck $plsol$, der Motordrehzahl $nmot$ und dem Verhältnis zwischen der Sollfüllung und der Maximalfüllung der Zylinder $vrslol$.

Der in Figur 3 dargestellte Funktionsblock R1 enthält drei von der Motordrehzahl $nmot$ abhängige Kennlinienfelder LDRQ1DY, LDRQ1ST und LDRQ2DY. Liegt die Bedingung für dynamischen Betrieb B_lddy an, so wird vom Schalter S2 der Integral-Reglerparameter $ldrki$ aus der Kennlinie LDRQ1DY für dynamischen Betrieb an den Ausgang durchgeschaltet. Vom Schalter S3 wird aus der Kennlinie LDRQ2DY der Differential-Reglerparameter $ldrkd$ an den Ausgang durchgeschaltet. Der Proportional-Reglerparameter $ldrkp$ entsteht durch Differenzbildung im Verknüpfungspunkt V6 zwischen einem Festwert LDRQOD, der von einem Schalter S4 an den Verknüpfungspunkt V6 geschaltet wird, und dem Differential-Reglerparameter $ldrkd$. Ist die Bedingung B_lddy für dynamischen Betrieb nicht gegeben, sondern befindet sich die Maschine im Stationärbetrieb, dann wird der Integral-Reglerparameter $ldrki$ aus der Kennlinie LDRQ1ST entnommen; dementsprechend liegt jetzt der Schalter S2 an der Kennlinie LDRQ1ST. Der Differential-Reglerparameter $ldrkd$ wird über den Schalter SR3 auf 0.0 gelegt, und der Proportional-Reglerparameter $ldrkp$ wird vom Schalter S4 auf einen Festwert LDRQOS gesetzt. Die Festwerte LDRQOD, LDRQOS und die Kennlinien LDRQ1DY, LDRQ1ST und LDRQ2DY werden durch Versuche am Motorprüfstand so

appliziert, daß die Laderegelung im dynamischen und stationären Betriebszustand optimiert ist.

In Figur 4 ist der Funktionsblock R2 dargestellt, welcher aus der Motordrehzahl n_{mot} , dem Soll-Ladedruck pl_{sol} , einem korrigierten Grundladedruck pl_{gruk} , der Regelabweichung l_{de} , dem Verhältnis von Sollfüllung zu Maximalfüllung der Zylinder v_{rlsol} und dem Integral-Anteil l_{ditv} der Stellgröße den Grenzwert l_{dimx} für den Integral-Anteil l_{ditv} ableitet.

Ein relativer Soll-Ladedruck pl_{solr} setzt sich zusammen aus einem Grundwert, dem absoluten Soll-Ladedruck pl_{sol} und einem diesem im Verknüpfungspunkt V20 negativ überlagerten Korrekturwert pl_{gruk} , dem korrigierten Grundladedruck. Ein Vorsteuerwert l_{dimxr} des Grenzwertes l_{dimx} wird in Abhängigkeit der Drehzahl n_{mot} und des relativen Soll-Ladedrucks pl_{solr} aus einem Kennfeld KFLDIMX hergeleitet. Zusätzlich kann dem Vorsteuerwert l_{dimxr} im Verknüpfungspunkt V9 noch ein fest vorgegebener Wert LDDIMX hinzuaddiert werden. Dieser Wert LDDIMX entspricht einem kleinen Bruchteil (ca. 0...5%) des Grenzwertes l_{dimx} , der sicherstellt, daß dieser kleine Wert auf keinen Fall unterschritten wird. Ist der aktuelle Integral-Anteil größer als der Grenzwert ohne den einen Sicherheitsabstand darstellenden Wert LDDIMX, so kann auch ohne Anheben des Grenzwertes der Ladedruck spontan geregelt werden, sofern die auszuregelnde Ladedruckabweichung keine größeren Werte als LDDIMX bedingt.

Durch den Vorsteuerwert l_{dimxr} ist eine Semivorsteuerung in Form einer variablen Minimum- und Maximum-Begrenzung des Integral-Anteils realisierbar. Die Bildung der Minimum- und der Maximum-Begrenzung erfolgt durch additive Korrektur mittels eines festgelegten Tastverhältniswertes, der negativ für die Minimum-Begrenzung durch einen Begrenzungswert LDDIMNN bzw. positiv für die Maximum-Begrenzung durch den Begrenzungswert LDDIMXN vom Vorsteuerwert l_{dimxr} abweicht, so dass um diesen Vorsteuerwert l_{dimxr} innerhalb der Minimum-/Maximum-Begrenzung ein Arbeitsbereich des Integral-Anteils festgelegt wird. Im beschriebenen Beispiel nach Figur 4 kann die Maximum-Begrenzung beispielhaft durch den Wert LDDIMX realisiert werden, so dass sich als oberer Grenzwert für den Integral-Anteil der Grenzwert l_{dimx} ergibt. Der Wert LDDIMX entspricht dann dem Begrenzungswert LDDIMXN für die Maximum-Begrenzung. Entsprechend kann ein unterer Grenzwert l_{dimn} für den Integral-Anteil gebildet werden, indem vom Vorsteuerwert l_{dimxr} der Begrenzungswert LDDIMNN abge-

zogen wird. Dies ist jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit in den Figuren nicht dargestellt.

5 Eine Begrenzungsstufe BG1 begrenzt den Grenzwert $ldimx$ auf einen vorgebbaren Wert TVLDMX, der beispielsweise 95% des Tastverhältnisses der Stellgröße für die Lade-
druckregelung entspricht.

10 Ein aktueller Korrekturwert $dplguldia$ für den Grundladedruck $plgruk$ erscheint am Ausgang eines Summierers SU. In diesem Summierer SU wird der an seinem Eingang 1 anliegende Korrekturwert unter gewissen Bedingungen entweder schrittweise verkleinert oder schrittweise vergrößert.

Damit eine schrittweise Verringerung des Korrekturwertes im Summierer SU vorgenommen wird, sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

15 Die Laderegelung muß aktiv sein, das heißt die Bedingung B_ldr muß gesetzt sein, und es darf der aktuelle Grenzwert $ldimx$ nicht am oberen oder unteren Ende der Begrenzungsstufe BG1 liegen. Beide Informationen liegen an den Eingängen eines UND-Gatters AN1 an, das eine logische 1 an ein weiteres UND-Gatter AN2 abgibt, wenn die genannten zwei Bedingungen erfüllt sind. Eine weitere Bedingung besteht darin, daß der Betrag der Regelabweichung lde kleiner einer Schwelle LDEIA sein muß. Dazu wird die Re-
20 gelabweichung lde einem Betragsbildner BB und anschließend einem Schwellenwertentscheider SE2 zugeführt, der an seinem Ausgang eine logische 1 an das UND-Gatter AN2 abgibt, wenn der Betrag der Regelabweichung lde unterhalb der Schwelle LDEIA liegt. Diese Schwelle LDEIA ist nahezu 0.

25 Weiterhin wird in einem Schwellenwertentscheider SE3 überprüft, ob das Verhältnis der Sollfüllung zur Maximalfüllung der Zylinder $vrlosol$ oberhalb einer Schwelle LDRV L liegt. Ist das der Fall, ist Vollastbetrieb der Maschine gegeben und der Schwellenwertentscheider SE3 gibt eine logische 1 an einen Eingang des UND-Gatters AN2 ab.

30 Als letzte Bedingung wäre noch zu erfüllen, daß der Integral-Anteil $lditv$ kleiner als der Grenzwert $ldimx$ ist. Ein Komparator K2 vergleicht dementsprechend den Integral-Anteil $lditv$ an der Stellgröße und den Grenzwert $ldimx$ vor dem Verknüpfungspunkt V9. Am
35 Ausgang des Komparators K2 erscheint eine logische 1, wenn der Integral-Anteil $lditv$ größer als der Vorsteuerwert $ldimxr$ ist. Über einen Inverter NOT gelangt das Ausgangs-

signal des Komparators K2 an einen Eingang des UND-Gatters AN2. An diesem Eingang des UND-Gatters AN2 liegt also eine logische 1 an, wenn der Integral-Anteil Id_{itv} kleiner als der Grenzwert Id_{imx} ist.

5 Wenn alle genannten Bedingungen erfüllt sind, liegt am Ausgang des UND-Gatters AN2 eine logische 1. Diese Bedingung B_{ldimxn} für eine negative schrittweise Nachführung des Korrekturwertes im Summierer SU wird in einem Verzögerungsglied VZ2 um eine feste Entprellzeit T_{LDIAN} verzögert an einen Schalter S5 und an ein ODER-Gatter OR1 geführt. Ist die Bedingung B_{ldimxn} für eine negative schrittweise Nachführung des
10 Korrekturwertes gegeben, so verbindet der Schalter S5 den Eingang 4 des Summierers SU mit einem Festwertspeicher SP1, in dem die Schrittweite $LDDIAN$ für die negative Nachführung des Korrekturwertes abgelegt ist. Ist die Bedingung B_{ldimxn} nicht erfüllt (entspricht einer logischen 0 am Ausgang des UND-Gatters AN2), so schaltet der Schalter S5 auf einen Speicher SP2 um, in dem die Schrittweite $LDDIAP$ für eine positive
15 Nachführung des Korrekturwertes abgelegt ist.

Für eine schrittweise positive Nachführung des Korrekturwertes sind folgende drei Bedingungen zu erfüllen:

20 - Wie schon bei der negativen schrittweisen Nachführung muß, wie vorangehend beschrieben, am Ausgang des UND-Gatters AN1 eine logische 1 anliegen.

- Außerdem muß die Regelabweichung Id_e größer 0 sein, wobei schon eine sehr kleine Abweichung von 0 ausreicht. Ein Schwellenwertentscheider SE4 erzeugt an seinem Ausgang eine logische 1, wenn diese Bedingung erfüllt ist.

25 - Schließlich muß der aktuelle Integral-Anteil Id_{itv} der Stellgröße größer sein als der aktuelle Grenzwert Id_{imx} . Wie schon zuvor beschrieben, wird diese Bedingung mit dem Komparator K2 überprüft.

30 Sowohl der Ausgang dieses Komparators K2 als auch der Ausgang des Schwellenwertentscheiders SE4 als auch der Ausgang des UND-Gatters AN1 sind an ein UND-Gatter AN3 gelegt. An seinem Ausgang liegt eine logische 1 an, wenn die drei zuvor genannten Bedingungen erfüllt sind.

Das Ausgangssignal des UND-Gatters AN3, die Bedingung B_ldimxp für die schrittweise positive Nachführung des Korrekturwertes, wird über ein Verzögerungsglied VZ3 geführt, dessen Verzögerungszeit gleich einer Entprellzeit ist, die aus einer von der Motordrehzahl n_{mot} abhängigen Kennlinie TLDIAPN entnommen wird. Die Bedingung B_ldimxn für die negative schrittweise Nachführung des Korrekturwertes und die Bedingung B_ldimxp für die positive schrittweise Nachführung liegen beide an den Eingängen des OR-Gatters OR1 an. Sein Ausgangssignal, das an dem Eingang 2 des Summierers SU anliegt, signalisiert dem Summierer SU, ob eine positive oder negative schrittweise Nachführung des an seinem Eingang 1 anliegenden Korrekturwertes vorgenommen werden soll.

Der am Ausgang des Summierers SU anliegende Korrekturwert dplguldia wird auch einem Eingang 5 eines Funktionsblocks AS zugeführt, in dem eine Adaption des Korrekturwertes erfolgt. Diese Adaption wird nur dann vorgenommen, wenn zum einen Vollastbetrieb der Maschine gegeben ist und zum anderen die Bedingung für eine positive oder eine negative schrittweise Nachführung des Korrekturwertes erfüllt ist. Eine Information über den Vollastbetrieb kann am Ausgang des oben beschriebenen Schwellenwertentscheiders SE3 abgegriffen werden. Die Information darüber, ob eine positive oder schrittweise Nachführung des Korrekturwertes erfolgt, kann dem Ausgangssignal des ODER-Gatters OR1 entnommen werden. Sowohl das Ausgangssignal des Schwellenwertentscheiders SE3 als auch das Ausgangssignal des ODER-Gatters OR1 werden den Eingängen eines UND-Gatters AN4 zugeführt. Bei Erfüllung der beiden genannten Bedingungen ist das Ausgangssignal B_ldimxa des UND-Gatters AN4 eine logische 1. Die Bedingung B_ldimxa für eine Adaption des Korrekturwertes liegt am Eingang 6 des Funktionsblockes AS an. Immer wenn die Bedingung B_ldimxa = 1 ist, wird der aktuelle Wert des Summierers SU in eine entsprechende Speicherzelle des Funktionsblocks AS übernommen, in dem eine Vielzahl von eine Adaptionsskennlinie nachbildenden Werten abgespeichert ist.

Die Stützstellen stldea für die Adaption des Korrekturwertes im Funktionsblock AS werden von einem Funktionsblock R3 geliefert. Der Funktionsblock R3 gibt außerdem eine Information B_stldw über Stützstellenwechsel ab.

Einem Eingang 1 des Summierers SU für die Bildung des Korrekturwertes dplguldia wird entweder der adaptierte Korrekturwert ldimxa vom Ausgang des Funktionsblocks

AS oder ein adaptierter Korrekturwert $ldimxaa$ zugeführt, bei dem in negative Richtung auftretende Sprünge auf einen Minimalwert begrenzt worden sind. Über einen Schalter S6 wird die Auswahl zwischen dem adaptierten Korrekturwert $ldimxa$ und dem begrenzten adaptierten Korrekturwert $ldimxaa$ getroffen. Der Schalter S6 schaltet auf den nicht begrenzten adaptierten Korrekturwert $ldimxa$ zu Beginn der Aktivierung der Ladedruckregelung, das heißt unmittelbar nach Erscheinen einer Anstiegsflanke der Bedingung B_ldr für die Ladedruckregelung. Die Anstiegsflanke des Signals B_ldr erkennt ein Flip-Flop AF. Ansonsten liegt der Schalter S6 in der anderen Position und führt dem Eingang I des Summierers SU den begrenzten adaptierten Korrekturwert $ldimxaa$ zu.

Ein Eingang 3 des Summierers SU erhält vom Ausgang eines ODER-Gatters OR2 die Information, ob eine Anstiegsflanke des Ladedruck-Aktivierungssignals B_ldr vorliegt oder ob das Signal B_stldw Stützstellenwechsel in dem Funktionsblock R3 anzeigt.

Der begrenzte adaptierte Korrekturwert $ldimxaa$ wird folgendermaßen gebildet. Von dem am Ausgang des Funktionsblocks AS anliegenden adaptierten Korrekturwert $ldimxa$ wird in einem Verknüpfungspunkt V10 der vom Summierer SU ausgegebene aktuelle Korrekturwert $dplguldia$ subtrahiert. Das Differenzsignal $ldimxad$ wird einer Begrenzungsstufe BG2 zugeführt. Die Begrenzungsstufe BG2 begrenzt negative Sprünge des Differenzsignals $ldimxad$ auf einen vorgegebenen Grenzwert LDMXNN. Das begrenzte Differenzsignal $ldimxab$ am Ausgang der Begrenzerstufe BG2 wird im Verknüpfungspunkt V11 zum aktuellen Korrekturwert $dplguldia$ wieder hinzuaddiert, so daß daraus schließlich der begrenzte adaptierte Korrekturwert $ldimxaa$ entsteht.

In der Figur 7 ist der Verlauf a einer Regelkennlinie dargestellt. Dabei zeigt die Kennlinie die Abhängigkeit der Regelgröße - des Ladedrucks p_{vdk} - von der Stellgröße $ldtv$. Die Kennlinie a hat normalerweise einen nichtlinearen Verlauf, der hauptsächlich durch das Stellglied, bestehend aus einem elektropneumatischen Taktventil einer davon angesteuerten federbelasteten Druckdose und des von dieser betätigten Bypass-Ventils, verursacht wird. Wegen ihrer Nichtlinearität besitzt die Kennlinie a bei weiter auseinander liegenden Arbeitspunkten A1 und A2 unterschiedliche Steilheiten, wie in der Figur 7 angedeutet ist. Wäre z.B. der Regler auf den Arbeitspunkt A1 eingestellt, dann würde eine Änderung der Stellgröße um den Wert $\Delta ldtv$ eine Ladedruckänderung Δp_{vdk1} von 40 Millibar hervorrufen. Käme es nun zu einer Arbeitspunktverlagerung nach A2, so würde dieselbe Änderung $\Delta ldtv$ der Stellgröße eine erheblich größere Veränderung des Lade-

drucks um den Wert Δp_{vdk2} von ca. 220 Millibar hervorrufen. Es würde sich also bei einer Arbeitspunktverlagerung von A1 nach A2 bei der Ladedruckregelung ein Überschwinger von ca. 180 Millibar einstellen. Ein solcher unerwünschter Effekt läßt sich dadurch vermeiden, daß die nichtlineare Kennlinie a in eine lineare Kennlinie b transformiert wird. Bei einer linearen Kennlinie b würde eine Änderung der Stellgröße ld_{tv} um einen Wert Δld_{tv} dieselbe Ladedruckänderung hervorrufen.

Eine Linearisierung der Regelkennlinie kann durch folgende Maßnahme erreicht werden:

Wie in der Figur 2 dargestellt, wird die Stellgröße ld_{tv} am Ausgang des Verknüpfungspunktes V5 einem Kennfeld KFLD zugeführt. In diesem Kennfeld KFLD wird für jeden möglichen Arbeitspunkt die vom Regler ermittelte Stellgröße auf einen solchen Wert transformiert, daß schließlich zwischen den transformierten Werten der Stellgröße ld_{tv} und dem Ladedruck p_{vdk} ein linearer Zusammenhang besteht. Die während der Applikation des Reglers aus der bekannten nichtlinearen Kennlinie a heraus abgeleiteten Transformationswerte werden in dem Kennlinienfeld KFLD abgespeichert, so daß während des normalen Betriebs des Reglers jedem berechneten Wert der Stellgröße ein entsprechender transformierter Wert zugeordnet werden kann.

An Stelle des Kennfeldes KFLD für die Transformation der Stellgröße ld_{tv} kann auch der zu der Stellgröße ld_{tv} führende Proportional-Anteil ld_{ptv} in einem Kennfeld KFPT und/oder der Differenzial-Anteil ld_{rdtv} in einem Kennfeld KFDT und/oder der Integral-Anteil ld_{itv} in einem Kennfeld KFIT transformiert werden. Es können auch alle Kennfelder KFPT, KFDT, KFIT in einem einzigen Kennfeld zusammengefaßt werden. Auch kann zusätzlich zu den genannten Kennfeldern das Kennfeld KFLD für die resultierende Stellgröße ld_{tv} vorhanden sein. Eine weitere Alternative ist die, daß der Maximalwert ld_{imx} für den Integral-Anteil ld_{itv} in einem Kennfeld KFMX transformiert wird. Die aufgeführten Kennfelder KFLD, KFPT, KFDT, KFIT, KFMX können allein oder in Kombination mit anderen vorgesehen werden; in jedem Fall sind sie so zu applizieren, daß letztendlich zwischen der Stellgröße ld_{tv} und dem Ladedruck p_{vdk} ein zumindest annähernd linearer Zusammenhang besteht.

Die Stützstellen stl_{dea} für die Adaption des Korrekturwertes im Funktionsblock AS werden von einem Funktionsblock R3 geliefert, der anhand der Figur 6 weiter unten noch

beschrieben wird. Der Funktionsblock R3 gibt außerdem eine Information B_stldw über Stützstellenwechsel ab.

Wie die Stützstellen sldia, welche dem Funktionsblock AS für die Adaption am Eingang 7 zugeführt werden, gebildet werden, kann man der Figur 6 entnehmen. Es sind beispielsweise vier eine Hysterese erzeugende Schaltung H1, H2, H3 und H4 vorgesehen. Eine an allen Schaltungen H1 bis H4 anliegende Hysteresekonstante LDHIA gibt die Hysteresebreite vor. Die Hysteresen der vier Schaltungen H1 bis H4 sind bezüglich der Drehzahl nmot so verteilt, daß jede Hysterese einen von vier Drehzahlbereichen abdeckt. Diese drehzahlabhängige Lage der einzelnen Hysteresen wird durch Konstanten STLDIA1, STLDIA2, STLDIA3 und STLDIA4 den einzelnen Hystereseschaltungen H1 bis H4 vorgegeben. Je nachdem in welchem der vier Drehzahlbereiche sich die aktuelle Drehzahl nmot befindet, tritt am Ausgang der Hystereseschaltung H1 oder H2 oder H3 oder H4 ein Signal aus. Jedes der Ausgangssignale steuert einen Schalter S7, S8, S9 und S10. An den Eingängen der Schalter S7, S8, S9 und S10 liegen fünf Stützwerte 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 und 5.0. Je nach Schalterstellung, das heißt in Abhängigkeit vom aktuellen Drehzahlbereich nmot, wird einer der fünf Stützstellen als Ausgangssignal sldia durchgeschaltet und gelangt an den Eingang 7 der Adaptionsschaltung AS. Je nach Größe der Stützstelle stldea wird die Steilheit der Adaptionsskennlinie vergrößert oder verringert; der adaptierte Korrekturwert ldimxa wird also größer oder kleiner durch die Adaption.

In den Hystereseschaltungen H1...H4 gibt es einen rechten Schalterpunkt STLDIA1...4 und einen linken Schalterpunkt

STLDIA1...4 - LDHIA. Bei steigender Drehzahl, das heißt wenn $nmot \geq STLDIA1...4$ ist, wird der Ausgang der betreffenden Hystereseschaltung H1...4 auf „1“ geschaltet. Danach folgt eine Rückschaltung auf „0“, wenn $nmot \leq STLDIA1...4 - LDHIA$ ist.

Die Information über den Stützstellenwechsel B_stldw wird mit Hilfe eines Komparators K3 gewonnen. Dieser vergleicht den aktuellen Stützstellenwert sldia mit dem einen Zeittakt zuvor ermittelten Stützstellenwert sldia(i-1). Ein Verzögerungsglied VZ4 stellt den vorangehenden Stützwert sldia(i-1) bereit für den Komparator K3. Unterscheiden sich die beiden an den Eingängen des Komparators K3 anliegenden Stützstellenwerte sldia und sldia(i-1) voneinander, so gibt der Komparator K3 an seinem Ausgang die Information eines Stützstellenwechsels B_stldw ab.

Der im Schaltblock R2 ermittelte Korrekturwert $dplguldia$ wird wie in Figur 2 dargestellt, einem weiteren Schaltblock R10 zugeführt. Der Schaltblock R10 ermittelt aus dem Korrekturwert $dplguldia$, der Motordrehzahl $nmot$, einer Ansauglufttemperatur $tsel$, einer Applikationshöhe FHBASAPP über Normalnull und einer aktuellen Höhe fho der Brennkraftmaschine 10 über Normalnull den korrigierten Grundladedruck $plgruk$. Dieser wird wiederum dem Schaltblock R2 zugeführt und dort wie beschrieben im Verknüpfungspunkt V20 vom Soll-Ladedruck $plsol$ abgezogen, um den relativen Soll-Ladedruck $plsolr$ zu bilden.

Der Aufbau und die Funktionsweise des Schaltblockes R10 wird anhand des Funktionsdiagramms nach Figur 5 beschrieben. Dabei wird abhängig von der Motordrehzahl $nmot$ gemäß einer Kennlinie PLGUB der Grundladedruck $plgru$ in der Applikationshöhe FHBASAPP ermittelt. Dabei wurde die Kennlinie PLGUB in der Applikationshöhe FHBASAPP beispielsweise auf einem Motorenprüfstand adaptiert. Die Applikationshöhe FHBASAPP kann beispielsweise nahe Normalnull liegen. Der Grundladedruck $plgru$ bezeichnet dabei den minimal darstellbaren Ladedruck bei voll geöffneter Drosselklappe mit einem Tastverhältnis von 0% als Stellgröße, das die untere Stellgrenze der Regelstrecke kennzeichnet.

Mit Hilfe einer weiteren Kennlinie DPLGU wird aus der Motordrehzahl $nmot$ ein auf die Applikationshöhe FHBASAPP bezogener Korrekturgrundladedruck $kplgru$ berechnet, der multipliziert mit der aktuellen Höhendifferenz HD zwischen der aktuellen Höhe fho und der Applikationshöhe FHBASAPP die Änderung des Grundladedruckes $plgru$ mit der Höhe beschreibt. Dabei kann die Kennlinie DPLGU den Korrekturgrundladedruck $kplgru$ beispielsweise bis zu einer Höhendifferenz HD von etwa 2500 Metern liefern. Die aktuelle Höhendifferenz HD wird in einem Verknüpfungspunkt V40 durch Subtraktion der aktuellen Höhe fho von der Applikationshöhe FHBASAPP ermittelt. Die aktuelle Höhendifferenz HD wird dann in einem Verknüpfungspunkt V30 mit dem Korrekturgrundladedruck $kplgru$ multipliziert. Somit ergibt sich ein höhenkorrigierter Grundladedruck $plgruhk$. Dabei ist der Korrekturgrundladedruck $kplgru$ negativ, so dass sich für aktuelle Höhen fho größer der Applikationshöhe FHBASAPP ein positiver höhenkorrigierter Grundladedruck $plgruhk$ ergibt. Für aktuelle Höhen fho kleiner der Applikationshöhe FHBASAPP ergeben sich entsprechend negative höhenkorrigierte Grundladedrucke $plgruhk$. In einem Verknüpfungspunkt V25 wird dann vom Grundladedruck $plgru$ der

höhenkorrigierte Grundladedruck p_{lgruhk} und der Korrekturwert $dplguldia$ subtrahiert. Der Korrekturwert $dplguldia$ stellt dabei eine für die Adaption des Grenzwertes l_{dimx} erforderlichen Korrekturgrundladedruck dar. Weiterhin kann es optional vorgesehen sein, das Ergebnis der Subtraktion im Verknüpfungspunkt V25 mit einem Korrekturfaktor KF in einem Verknüpfungspunkt V35 zu multiplizieren, um Temperatureinflüsse zu berücksichtigen. Der Korrekturfaktor KF wird dabei aus einem Kennfeld K10 in Abhängigkeit der Motordrehzahl n_{mot} und der Ansauglufttemperatur t_{sel} ermittelt. Am Ausgang des Verknüpfungspunktes V35 steht dann der korrigierte Grundladedruck p_{lgruk} .

Die Adaption des Grenzwertes l_{dimx} erfolgt nun nicht mehr direkt als Tastverhältnisoffset auf den Vorsteuerwert l_{dimxr} zu addieren, sondern in Form des Offset- oder Korrekturwerts $dplguldia$ vom Grundladedruck p_{lgru} zu subtrahieren.

Ein beispielsweise leicht positiver Korrekturwert $dplguldia$ reduziert den errechneten Grundladedruck p_{lgru} , so dass ein steigender relativer Solladedruck p_{lsolr} errechnet wird. Dieser steigende relative Solladedruck p_{lsolr} bewirkt im Kennfeld KFLDIMX einen steigenden Vorsteuerwert l_{dimxr} . Eine anschließende direkte Korrektur des Vorsteuerwertes l_{dimxr} durch einen Adaptionswert entfällt nun, so dass bei eingeschwungener Adaption dann der Grenzwert l_{dimx} trotzdem wieder dem Stellgrößen-bzw. Tastverhältnisbedarf l_{ditv} des Integral-Anteils des Reglers entspricht.

In Figur 8 ist der Verlauf des Integral-Anteils l_{ditv} über dem relativen Soll-Ladedruck p_{lsolr} dargestellt. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ergibt sich dabei unter Berücksichtigung der nachfolgend durchgeführten oben beschriebenen Linearisierung der Regelkennlinie nach Figur 7 der ideale Verlauf VERL1 ohne Offset des Tastverhältnisses, der zu der um X nach oben verschobenen Kennlinie VERL2 führen würde.

Für relative Soll-Ladedrücke p_{lsolr} kleiner oder gleich Null, d.h. für absolute Soll-Ladedrücke kleiner oder gleich dem korrigierten Grundladedruck p_{lgruk} ergibt sich somit idealerweise das Tastverhältnis 0% für den Integral-Anteil l_{ditv} . Dies gilt beispielsweise auch für einen absoluten Soll-Ladedruck p_{sol} , der einem Umgebungsdruck p_u entspricht, der kleiner als der korrigierte Grundladedruck p_{lgruk} ist.

In diesem Beispiel stellt der Sollwert einer Betriebskenngröße gemäß den Ansprüchen der Soll-Ladedruck dar, der Istwert der Betriebskenngröße den Istladedruck, die erste

Betriebskenngröße ebenfalls den Soll-Ladedruck, die zweite Betriebskenngröße die Motordrehzahl und die dritte Betriebskenngröße die Drosselklappenstellung und die die aktuellen Umgebungsbedingungen charakterisierenden Größe die Ansauglufttemperatur und/oder die aktuelle Höhe der Brennkraftmaschine.

5

Selbstverständlich können zur Realisierung der Erfindung auch andere als die beschriebenen Größen verwendet werden.

31.07.02 St/St

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Ansprüche

15

20

1. Verfahren zum Regeln der Aufladung einer Brennkraftmaschine, wobei aus der Regelabweichung zwischen einem Sollwert einer Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine und einem Istwert dieser Betriebskenngröße eine Stellgröße erzeugt wird, die mindestens einen von einem Integralregler gelieferten Anteil aufweist, und für den Integral-Anteil mindestens ein Grenzwert vorgegeben wird, der aus mehreren Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzwert adaptiert wird, indem eine erste der zur Ermittlung des Grenzwertes verwendeten Betriebskenngrößen adaptiv in Abhängigkeit von einer zweiten Betriebskenngröße bestimmt wird.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Betriebskenngröße aus einem von wenigstens einer dritten Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine abhängigen Grundwert und einem diesem überlagerten Korrekturwert ermittelt wird, wobei der Korrekturwert adaptiv in Abhängigkeit der zweiten Betriebskenngröße bestimmt wird.

30

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der adaptierte Korrekturwert schrittweise verringert wird, wenn die Regelabweichung kleiner als eine Schwelle ist und der Integral-Anteil kleiner als der aktuelle Grenzwert ist, und dass der adaptierte Korrekturwert schrittweise vergrößert wird, wenn die Regelabweichung größer Null ist und der Integral-Anteil gleich oder größer als der aktuelle Grenzwert ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die schrittweise Verringerung des adaptierten Korrekturwertes nur dann durchgeführt wird, wenn Vollastbetrieb der Maschine gegeben ist und wenn der aktuelle Grenzwert des Integral-Anteils nicht an einer unteren Schwelle der Stellgröße liegt.
5. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die schrittweise Vergrößerung des adaptierten Korrekturwertes nur dann durchgeführt wird, wenn der aktuelle Grenzwert des Integral-Anteils nicht an einer oberen Schwelle der Stellgröße liegt.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Grenzwert ein fester Betrag addiert wird, der etwa 0...5 % der oberen Schwelle der Stellgröße beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die schrittweise Vergrößerung oder Verringerung des adaptierten Korrekturwertes um eine Entprellzeit verzögert erfolgt, nachdem die Bedingungen für die Vergrößerung oder Verkleinerung des adaptierten Korrekturwertes erfüllt sind.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Entprellzeit bei der Verringerung des adaptierten Korrekturwertes ein fest vorgegebener Wert ist und daß die Entprellzeit bei der Vergrößerung des adaptierten Korrekturwertes aus einer von der zweiten Betriebskenngröße abhängigen Kennlinie entnommen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Wechsel von einem ersten Bereich der zweiten Betriebskenngröße in einen zweiten Bereich auftretende Sprünge des adaptierten Korrekturwertes in negative Richtung auf einen Maximalwert begrenzt werden und daß diese Begrenzung direkt nach der Aktivierung der Ladedruckregelung entfällt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Korrekturwert in Abhängigkeit der zweiten Betriebskenngröße und einer die aktuellen Umgebungsbedingungen charakterisierenden Größe aus Kennfeldern hergeleitet wird.

31.07.02 Ti/Bi

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zum Regeln der Aufladung einer Brennkraftmaschine

Zusammenfassung

15

Es wird ein Verfahren zum Regeln der Aufladung einer Brennkraftmaschine vorgeschlagen, das ohne Adaptionsoffset auskommt. Dabei wird aus der Regelabweichung zwischen einem Sollwert einer Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine und einem Istwert dieser Betriebskenngröße eine Stellgröße erzeugt, die mindestens einen von einem Integralregler gelieferten Anteil aufweist. Für den Integral-Anteil wird ein Grenzwert vorgegeben, der aus mehreren Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine ermittelt wird. Der Grenzwert wird adaptiert, indem eine erste der zur Ermittlung des Grenzwertes verwendeten Betriebskenngrößen adaptiv in Abhängigkeit von einer zweiten Betriebskenngröße bestimmt wird.

20

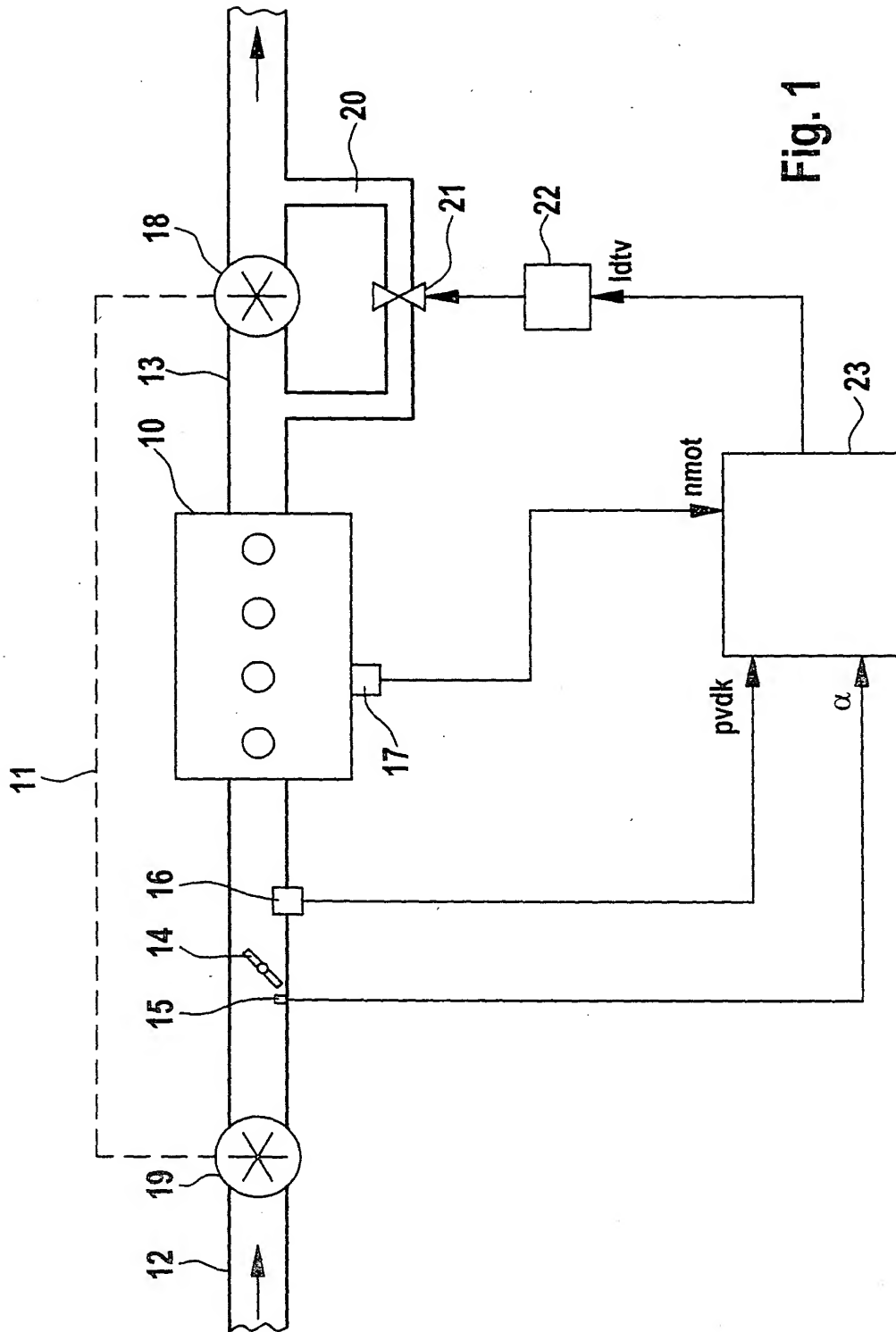


Fig. 1

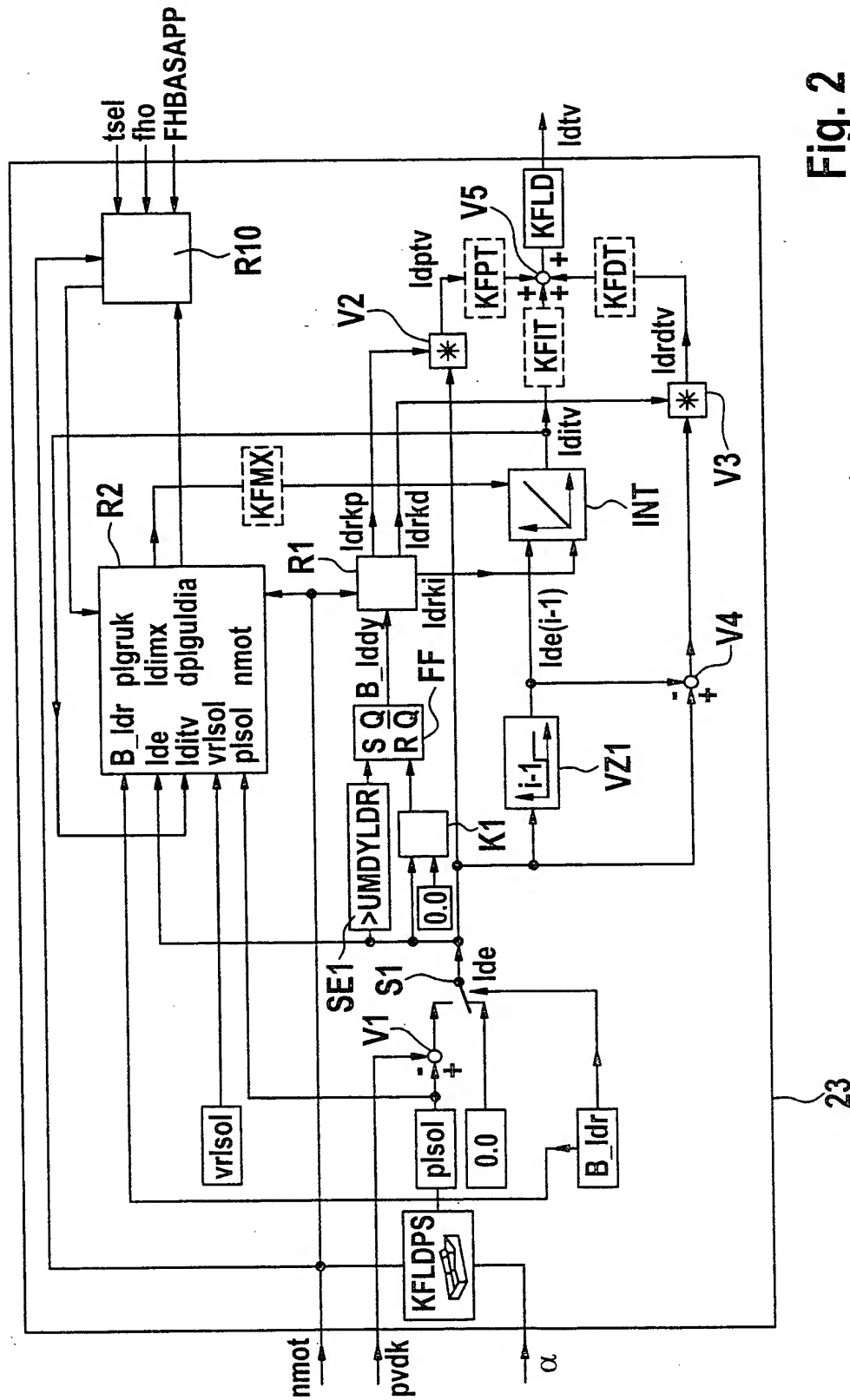


Fig. 2

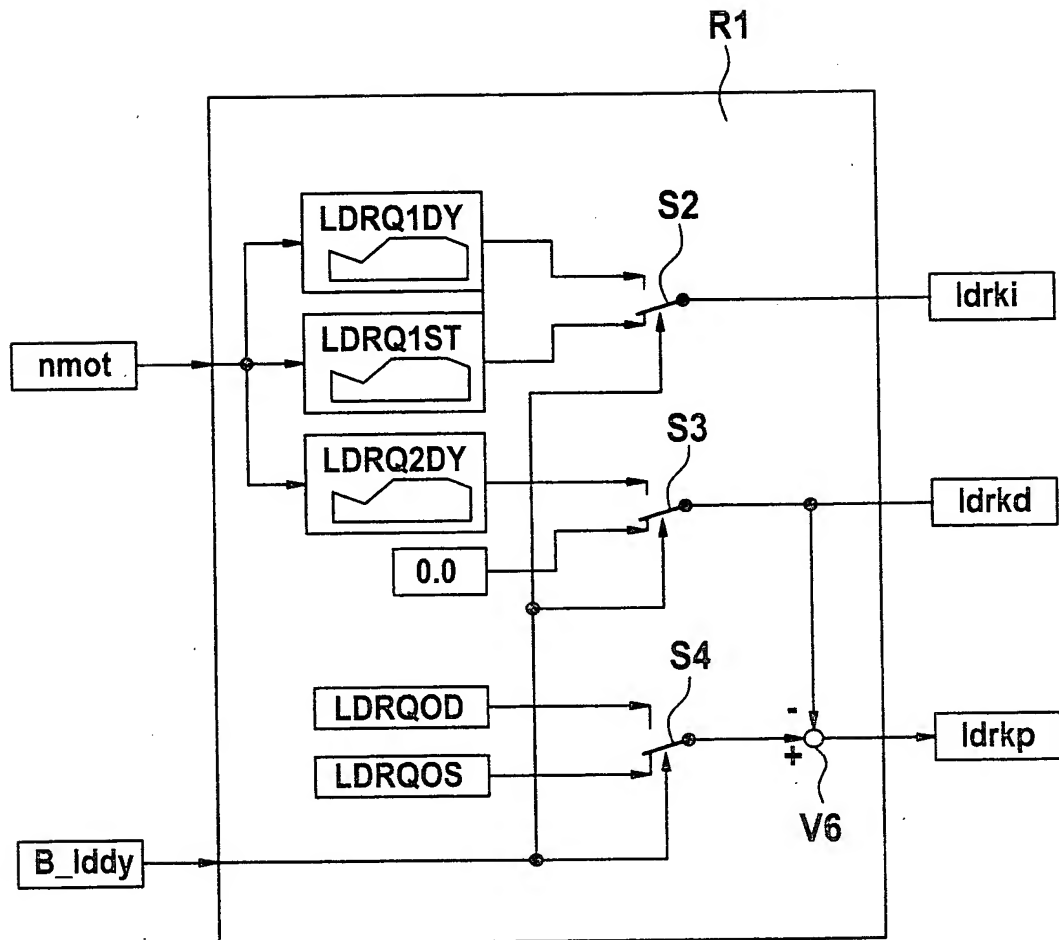


Fig. 3

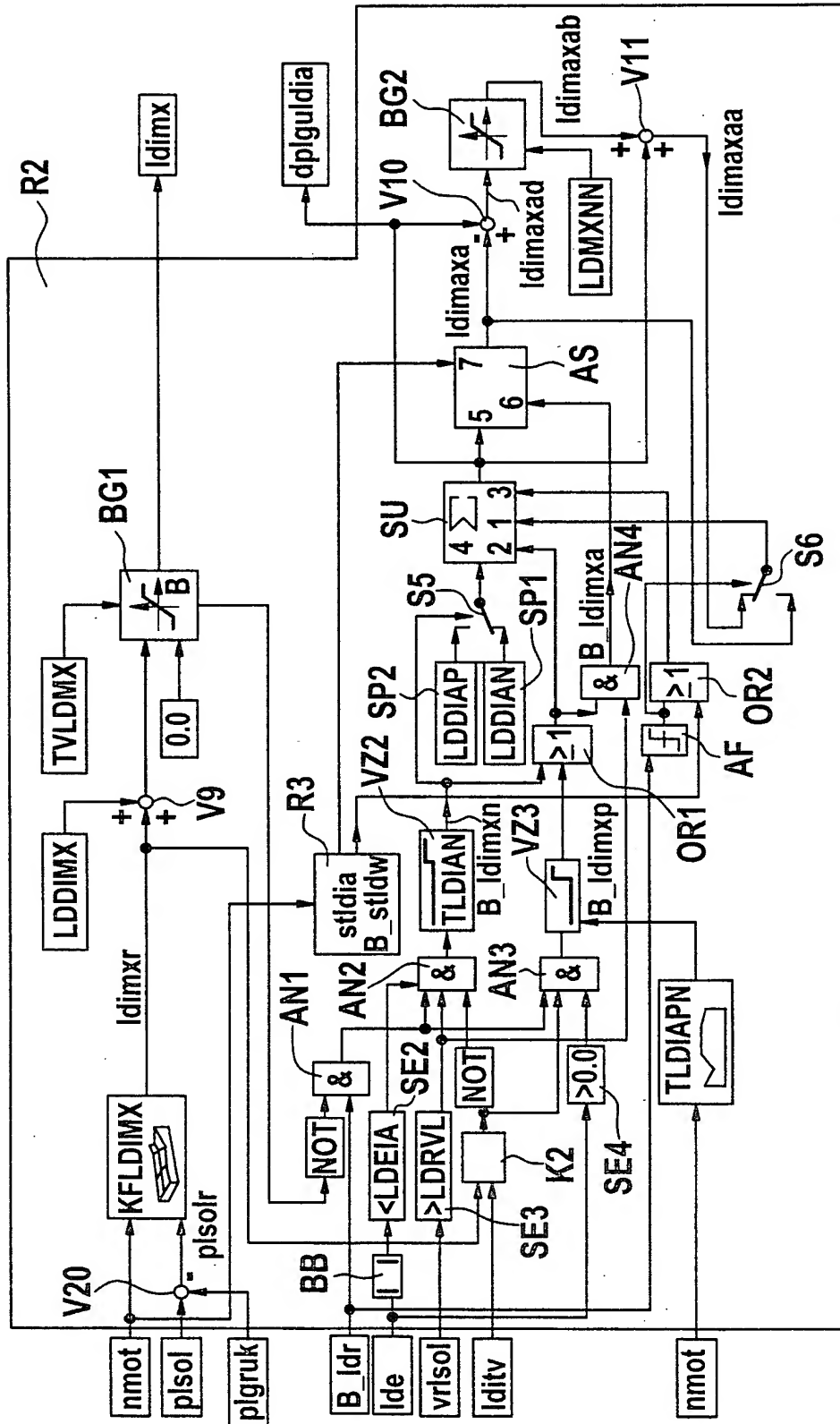


Fig. 4

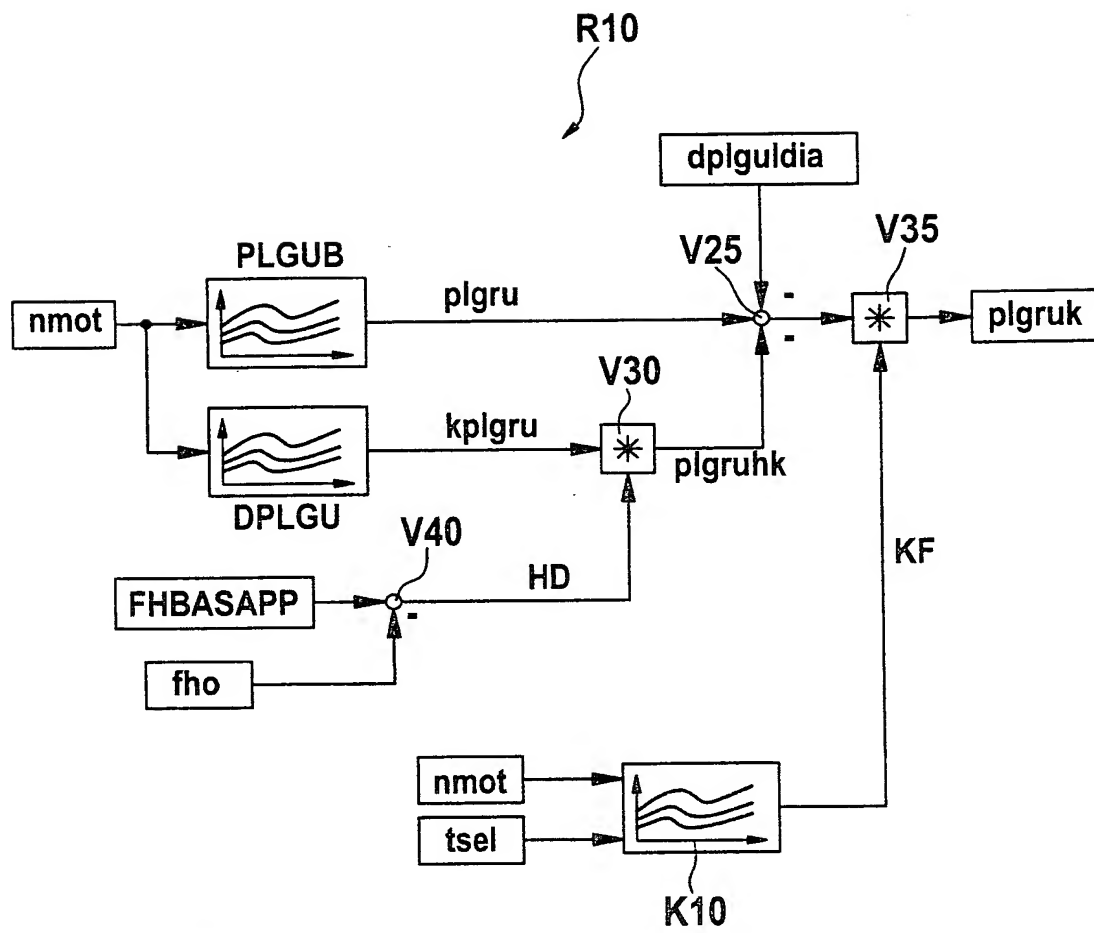


Fig. 5

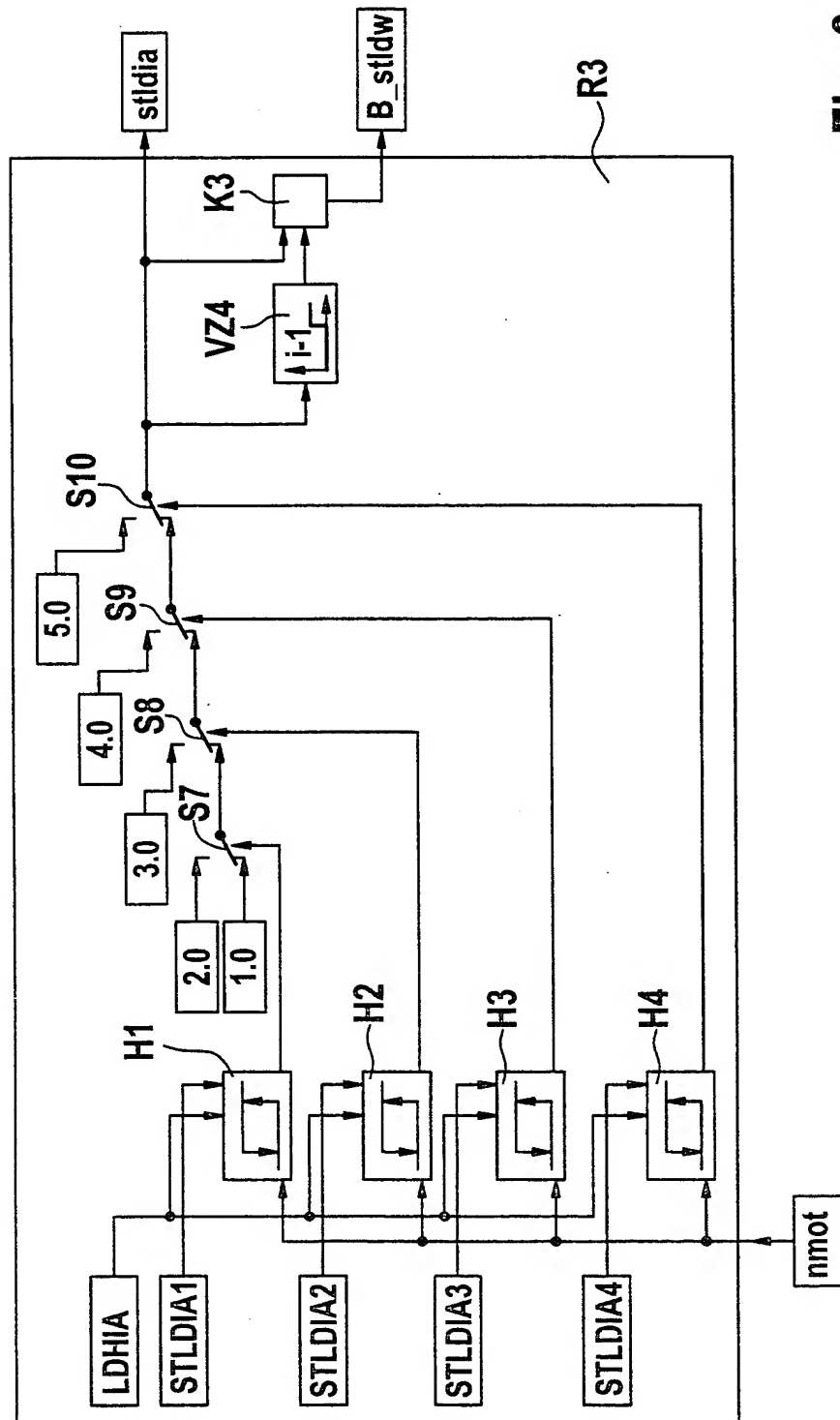
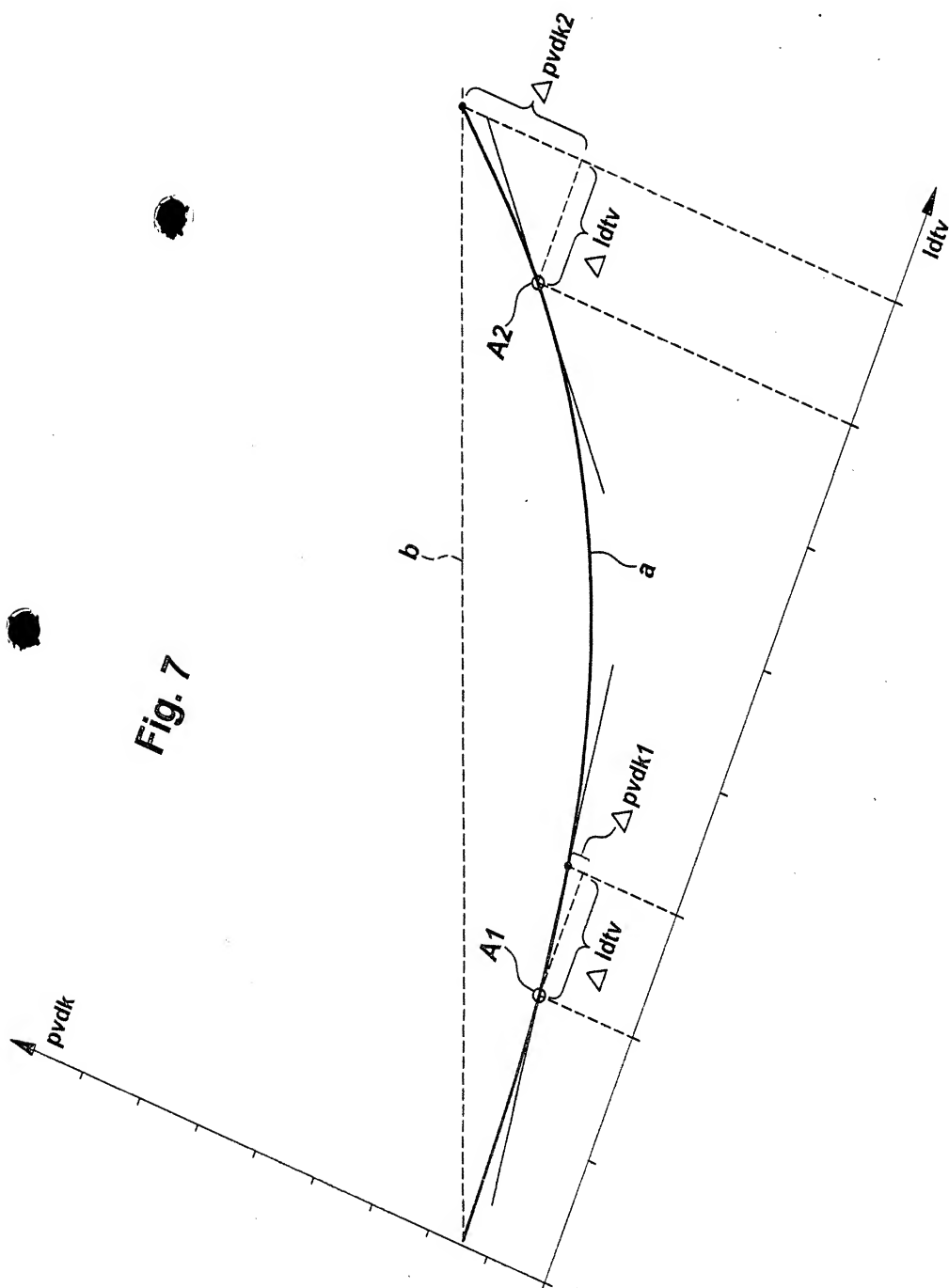


Fig. 6



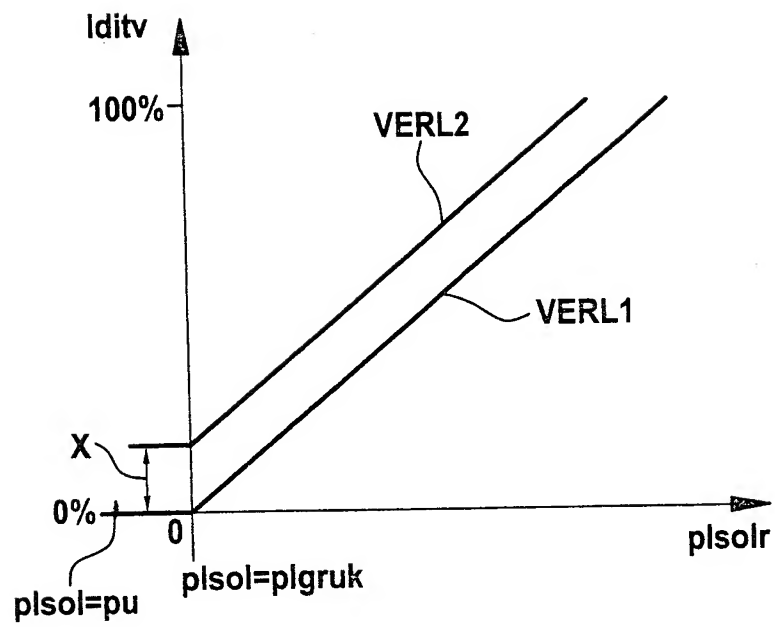


Fig. 8